

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija**

**Petra Miškec**

6371/PT

**VAKUUM HLAĐENJE PILEĆEG MESA**  
**ZAVRŠNI RAD**

**Modul: Kemija i tehnologija mesa i ribe**

**Mentor: izv.prof.dr.sc. *Helga Medić***

**Zagreb, 2015.**

## DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno – biotehnološki fakultet

Zavod za prehrambeno – tehnološko inženjerstvo

Laboratorij za tehnologiju mesa i ribe

Prediplomski studij Prehrambena tehnologija

### VAKUUM HLAĐENJE PILEĆEG MESA

*Petra Miškec, 6371/PT*

**Sažetak:** Cilj ovoga rada bio je prikazati utjecaj hlađenja na kvalitetu pilećeg mesa koristeći tri metode hlađenja. Korištene metode su vakuum hlađenje bez vode, hlađenje u vodi u kojoj se kuhao uzorak te hlađenje na zraku pri sobnoj temperaturi.

Uzorak korišten u ovome radu su toplinski obrađena pileća prsa koja su se kuhala u vodenoj kupelji. Promatrani parametri kvalitete su vrijeme potrebno za postizanje 4°C te 23°C u središtu uzorka, gubitak na masi te mikrobiološka kvaliteta. Dobiveni rezultati pokazuju da je za postizanje temperature od 4°C kod vakuum hlađenja potrebno 75 minuta, a za postizanje 23°C kod vakuum hlađenja potrebne su 43 minute. Nakon hlađenja uzorci su pakirani u plastične vrećice u modificiranoj atmosferi. S mikrobiološke strane zapažen je veći rast mikroorganizama kod uzoraka ohlađenih na zraku ( $1,8 \times 10^6$  CFU/g) u odnosu na vakuum hlađenje ( $4,3 \times 10^5$  CFU/g). Najveći je gubitak mase hlađenjem ostvaren kod vakuum hlađenja bez vode (7,56 %), a najmanji gubitak kod hlađenja u vodi u kojoj se uzorak kuhao (0,72 %).

**Ključne riječi:** pileća prsa, vakuum hlađenje, gubitak na masi, mikrobiološka kvaliteta, modificirana atmosfera

**Rad sadrži:** 20 stranica, 4 slike, 4 tablice, 12 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u:** Knjižnica

Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

**Mentor:** izv.prof.dr.sc. Helga Medić

**Pomoć pri izradi:** Tibor Janči, dipl.ing

**Rad predan:** rujan 2015.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Final work

University of Zagreb  
Faculty of Food Technology and biotechnology  
Undergraduate studies Food Technology  
Department of Food Engineering  
Laboratory for Meat and Fish Technology

### VACUUM COOLING OF CHICKEN MEAT

*Petra Miškec, 6371/PT*

**Abstract:** The aim of this work was to show cooling impact on chicken meat quality by using three different cooling methods. Vacuum cooling without water, cooling in water in which sample was cooked and cooling in the air at room temperature were the methods used in this work. Samples were chicken breasts and water bath was used for heat treatment of chicken breasts. Observed quality parameters were time required to vacuum cool the sample to 4°C and approximately to 23°C, weight loss and microbiological quality. Results showed that the time required to cool the sample by vacuum cooling to 4°C was 75 minutes, to cool the sample to room temperature was about 43 minutes. After cooling, samples were packed in plastic bags in modified atmosphere. Higher growth of microorganisms was observed at samples cooled in the air ( $1,8 \times 10^6$  CFU/g) compared with those of vacuum-cooled ( $4,3 \times 10^5$  CFU/g). The biggest weight loss is achieved by vacuum cooling without water (7,56 %), and the smallest by the cooling in water in which sample was cooked (0,72 %).

**Key words:** chicken breast, vacuum cooling, weight loss, microbiological quality, modified atmosphere

**Thesis contains:** 20 pages, 4 figures, 4 tables, 12 references

**Original:** Croatian

**Final work in printed and electronic** (pdf format) **version is deposited in:** Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb

**Mentor:** *PhD. Helga Medić, Associate Professor*

**Technical support and assistance:** *Tibor Janči, BSc*

**Thesis delivered:** September, 2015

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2
2.1. SASTAV PILEĆEG MESA.....	2
2.2. MIKROBIOLOGIJA PILEĆEG MESA.....	5
2.3. VAKUUM HLAĐENJE.....	6
2.4. MODIFICIRANA ATMOSFERA.....	8
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	10
3.1. MATERIJAL.....	10
3.2. METODE.....	10
3.2.1. PRIPREMA I TOPLINSKA OBRADA UZORAKA.....	10
3.2.2. HLAĐENJE UZORAKA.....	10
3.2.3. PAKIRANJE UZORAKA.....	11
3.2.4. METODA MIKROBIOLOŠKE ANALIZE UZORAKA.....	12
3.2.5. USPOREDBA GUBITAKA NA MASI KOD DVIJE RAZLIČITE METODE HLAĐENJA.....	12
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	14
4.1. GUBICI NA MASI KOD RAZLIČITIH METODA HLAĐENJA.....	14
4.2. VRIJEME POTREBNO DA SE U SREDIŠTU UZORKA VAKUUM HLAĐENJEM POSTIGNU 4°C.....	15
4.3. VRIJEME POTREBNO DA SE U SREDIŠTU UZORKA VAKUUM HLAĐENJEM POSTIGNE 23°C.....	16
4.4. MIKROBIOLOŠKA KVALITETA.....	17
5. ZAKLJUČAK.....	19
6. POPIS LITERATURE.....	20

## 1. UVOD

Unazad nekoliko godina meso peradi zauzima vodeće mjesto u potrošnji svih vrsta mesa, kako kod nas tako i u najrazvijenijim zemljama svijeta. Potrošnja pilećeg mesa po članu kućanstva u Hrvatskoj za 2011. godinu iznosila je 18,8 kg, a odmah iza pilećeg mesa slijede svinjsko te goveđe meso.

Pileće je meso, zbog svog specifičnog i laganog okusa, kao i zbog velikih mogućnosti kombiniranja s ostalim namirnicama i priložima, ali i zbog trenda zdrave prehrane, jedno od omiljenih namirnica u domaćinstvu.

Zbog širokog spektra upotrebe pilećeg mesa nastoje se pronaći načini kojima bi se što duže održala kvaliteta pilećeg mesa nakon toplinske obrade.

Vakuum hlađenje smatra se prihvatljivom metodom hlađenja te je korišteno u ovome eksperimentu.

Za razliku od konvencionalnih procesa hlađenja gotove hrane, vakuum hlađenje zahtijeva manje energije, kraće traje te osigurava mikrobiološku ispravnost namirnica te tako doprinosi produljenju trajnosti i poboljšanju kvalitete prehrambenih proizvoda. Vakuum hlađenje koje se temelji na brzom isparavanju vode iz namirnice pri sniženom tlaku, može se koristiti i za hlađenje npr. svježe ubranog voća, produljenja svježine i njegove trajnosti, dok se za hlađenje kuhanog mesa može koristiti s pakiranjem u kontroliranoj atmosferi s ciljem sprečavanja mikrobne kontaminacije. Istraživanja pokazuju da je metoda vakuum hlađenja uspješnija od konvencionalnih metoda hlađenja, unatoč negativnoj strani, a to je gubitak mase koji predstavlja financijski gubitak mesnoj industriji. Različita istraživanja vakuum hlađenja doprinose razvoju i povećanju konkurentnosti prehrambene industrije u Hrvatskoj.

Cilj je ovoga rada istražiti utjecaj vakuum hlađenja na pileće meso, a parametri koji su promatrani su gubitak na masi, vrijeme hlađenja te mikrobiološka kvaliteta. Korištene metode su vakuum hlađenje bez vode, hlađenje u vodi u kojoj se kuhao uzorak te hlađenje na zraku pri sobnoj temperaturi.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. SASTAV PILEĆEG MESA

Porastom broja stanovnika u svijetu, industriji hrane nameće se zahtjev za osiguranjem dovoljne količine mesa i proizvoda od mesa za ljudsku prehranu.

Meso peradi preuzima vodeći položaj u potrošnji svih vrsta mesa u najrazvijenijim zemljama svijeta. Rezultat je to niza čimbenika, među kojima su najvažniji: vrlo kratko trajanje tova, visoka koncentracija žive mase peradi u peradnjaku (iskoristivost prostora), velika reprodukcijaska moć rasplodnih jata, izvrsna konverzija hrane, nutritivna vrijednost mesa peradi, relativno niska prodajna cijena te prikladnost mesa peradi za suvremeni način prehrane ljudi putem takozvane „brze hrane“.

Usporedi li se meso pilića s mesom ostalih domaćih životinja, može se zapaziti da je pileće meso bez kože bogato proteinima kao i svinjetina, govedina i janjetina. 100 grama pilećeg mesa bez kože sadrži 20,5 g proteina, dok pureće meso bez kože sadrži 21,9 g proteina.

Organizmi životinja sastoje se od više vrsta tkiva, koja imaju različit sastav i strukturu. Pod tkivom podrazumijevamo skup stanica istih morfoloških i funkcionalnih osobina.

Poprečno prugasto skeletno mišićno tkivo čine mišićne stanice odnosno vlakna. Svako mišićno vlakno je stanica s više jezgara, cilindričnog oblika, promjera 10-100 µm i dužine od nekoliko milimetara do desetak centimetara, ovisno o dužini mišića.

Skeletni su mišići građeni od tri osnovna tipa mišićnih vlakana: crvena, bijela i intermedijarna vlakna.

Crvena su vlakna sporokontrahirajuća, malog promjera i većeg sadržaja sarkoplazme i mioglobina od ostala dva tipa vlakana. Pokazuju visoku aktivnost oksidativnih enzima.

Bijela su vlakna brzokontrahirajuća, većeg su promjera, sadrže manje mioglobina i nisku oksidativnu aktivnost enzima u odnosu na crvena vlakna. Pokazuju visoku aktivnost glikolitičkih enzima (glikolitička vlakna).

Intermedijarna su vlakna srednjeg promjera te je broj mitohondrija manji u odnosu na crvena vlakna te se zbog svojih metaboličkih karakteristika nazivaju i oksidativno-glikolitička vlakna.

Podjela mesa peradi na svijetlo i tamno meso bazira se na boji mesa, odnosi se i na relativan odnos crvenih i bijelih vlakana u mišiću.

U ovisnosti o vrsti tkiva (svijetlo ili tamno meso), udio je masti kod pilećega mesa različit. U svijetlome mesu (meso prsa) udio masti iznosi 1%, dok je kod tamnoga mesa (meso bataka sa zabatcima) taj udio 2,5%. S obzirom na to da su u mastima peradi u većem udjelu zastupljene nezasićene masne kiseline, meso peradi lakše je probavljivo u odnosu na meso ostalih vrsta domaćih životinja. Glavno spremište masti u peradi je pod kožom, a ne intramuskularno kao kod drugih domaćih životinja pa je piletina zato i siromašnija mašću jer sadrži oko 3,4 g masti (ali meso s kožom sadrži 17,7g masti). Stoga je i energetska vrijednost pilećeg i purećeg mesa s kožom mnogo veća te u 100 g pilettine s kožom ima 230 kcal, a u istoj količini purettine s kožom 145 kcal.

Ispitivanja udjela masti i njenog sastava u tkivima pilića pokazala su da svijetlo meso ima manje masti u odnosu na tamno, mnogo više masti ima koža, a najviše masno tkivo. U lipidima bijelog mesa više od polovice otpada na fosfolipide; s povećanjem postotka lipida u tkivu smanjuje se udio fosfolipida s obzirom na neutralne lipide (uglavnom trigliceride). Lipidi svijetlog mesa imaju 48% fosfolipida, a u lipidima masnog tkiva ima svega 0,9% fosfolipida.

Sastav se masnih kiselina fosfolipida značajno razlikuje od masnih kiselina odgovarajućih neutralnih lipida kod svih tkiva: frakcija fosfolipida sadrži veći broj dugolančanih i višestruko nezasićenih masnih kiselina od kojih je arahidonska kiselina posebno zastupljena, što znači da su fosfolipidi podložniji oksidacijskom kvarenju nego neutralni lipidi. Stoga su i najkvalitetniji dijelovi pilettine, iako ne sadrže puno masti, podložni oksidacijskom kvarenju.

Svijetlo meso spomenute peradi jedno je od najkvalitetnijih dijetalnih namirnica, koje se može preporučiti ne samo bolesnicima s gastroenterološkim, kardiovaskularnih bolesnicima već i onima koji spadaju u rizičnu skupinu obolijevanja od malignih bolesti. Upotrebom nemasnih dijelova mesa peradi najlakše se ispunjavaju zahtjevi moderne dijetetike u liječenju dijabetičkih bolesnika, sa zadovoljenjem potreba na kvalitetnim bjelančevinama.

Meso peradi dobar je izvor visokokvalitetnih proteina, vitamina B skupine (tiamin, riboflavin, niacin i vitamin B6) i minerala (K, Na, Mg, Zn i Fe). Nutritivni sastav pilećeg mesa, s i bez kože, prikazan je u tablici 1.

Tablica 1. Usporedba prosječnog kemijskog sastava i energetske vrijednosti pilećeg mesa, s i bez kože izraženo na 100 g mesa, (Barbut, 2002)

Meso piletine	Svijetlo		Tamno	
Koža	+	-	+	-
Udio vode [%]	68,6	74,9	65,4	75,9
Udio proteina [%]	20,3	23,2	16,7	20,1
Udio masti [%]	11,1	1,6	18,3	4,3
Udio pepela [%]	0,86	0,98	0,76	0,94
Energetska vrijednost [kJ]	778	477	992	524



## 2.2. MIKROBIOLOGIJA PILEĆEG MESA

Postoje različite vrste toplinski obrađenog mesa koje su dostupne u prehrani ljudi u Europskoj Uniji stoga su toplinski obrađeni mesni proizvodi vrlo popularne i važne namirnice. Iz sigurnosnih su razloga mnoge europske vlade nametnule stroge smjernice za kuhanje i hlađenje mesa „cook-chill guidelines“, što znači da je mesne proizvode potrebno odmah nakon kuhanja ohladiti (Zheng i Sun, 2004). To predstavlja veliki izazov mesnoj industriji, s obzirom da joj je cilj proizvesti ekonomični proizvod koji je mikrobiološki ispravan te prihvatljiv potrošačima.

Tijekom manipulacije s mesom nastaju enzimske ili kemijske promjene koje su posljedica djelovanja brojnih vanjskih i unutarnjih čimbenika poput temperature, vlažnosti, količine kisika i svjetlosti što rezultira fizikalnim, kemijskim i mikrobiološkim promjenama koje dovode do kvarenja. Prilikom manipulacije mesom (rasijecanje, otkošćavanje, usitnjavanje) omogućena je mikrobiološka kontaminacija i rast nepoželjne mikroflore.

Mikrobiološke promjene koje se očituju u pilećem mesu mogu se podijeliti u dvije skupine. Prvu skupinu čine nepatogeni mikroorganizmi koji dovode do promjena mirisa, okusa te promjena organoleptičkih svojstava mesa, dok u drugu skupinu spadaju patogeni mikroorganizmi, uzročnici oboljenja ljudi.

Psihrotrofni mikroorganizmi najčešće kontaminiraju pileće meso. Najčešće izolirani mikroorganizmi s površine pilećih trupova su bakterije roda *Pseudomonas*, *Enterococcus*, *Micrococcus*, *Brochotrhrrix thermosphacta*, *Staphylococcus aureus*, gljivice i plijesni (Singh, 1993; Arnaut-Rollier i sur, 1997; Capita i sur, 2001; Duraković i sur, 2002).

Inicijalna mikrobna flora značajno utječe na održivost pilećeg mesa, što upućuje na značenje kontrole procesa proizvodnje (Yashoda i sur, 2001), ali i provođenje veterinarskog pregleda uz primjenu koncepcija osiguranja kakvoće i kontrole kao što je na primjer kontrola kritičnih točaka (HACCP) te primjena ISO normi (van Hoof i Ectors, 2001; Živković, 2001).

Mnoga istraživanja pokazuju da osnovno značenje u veterinarskom nadzoru mesa peradi i dalje ima onečišćenje patogenim bakterijama, prije svega sa *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Staphylococcus* spp., *Listeria* spp. (Mead, 1989; de Boer, 1997; Stern i sur, 1997; Živković, 1998; Kozačinski, 1999)

Epidemiološki izvještaji u svijetu ukazuju na to da je meso peradi i dalje najčešćim uzrokom otrovanja ljudi hranom. Kako se meso peradi ne konzumira sirovo, epidemije nastaju uslijed

sekundarne kontaminacije nastale tijekom proizvodnje (Mulder, 1999), a mikroflora peradi se prenosi od primarne proizvodnje do proizvodnih linija, pa i dalje, naknadnom kontaminacijom (Fries, 2002).

Da bi se udio mikroorganizama koji kontaminiraju meso peradi smanjio ispod granica koje nisu štetne te ne ugrožavaju ljudsko zdravlje, stalna je potraga za što boljim načinom očuvanja proizvoda.

### **2.3. VAKUUM HLAĐENJE**

Budući da je toplinski obrađeno meso jedna od najpopularnijih namirnica na dnevnom meniju u gotovo cijeloj Europi, glavni cilj proizvodnje toplinski obrađenog mesa je ekonomični proizvod koji je mikrobiološki ispravan i prihvatljiv potrošačima. Ukoliko meso nakon toplinske obrade nije dovoljno brzo ohlađeno, mikrobiološke spore koje su preživjele proces toplinske obrade mogu rasti i proizvoditi toksine (McDonald, 1999).

Primjerice, u UK i Irskoj preporuča se da se meso mora ohladiti s temperature od 74°C na 10°C unutar 2.5 h nakon što je proces kuhanja gotov kako bi se minimalizirao rast patogena koji su preživjeli proces kuhanja (Anon., 1989, 1991). Stoga je prehrambena industrija u stalnoj potrazi za brzim metodama hlađenja, a vakuum hlađenje se pokazalo prihvatljivom metodom hlađenja.

Vakuum hlađenje je brza evaporativna metoda hlađenja proizvoda koji sadrže slobodnu vodu, pod vakuumom (Wang i Sun, 2000). Prednosti vakuum hlađenja su to što proizvod može biti ohlađen u ekstremno kratkom roku, kraće je vrijeme procesiranja, potrošnja energije je smanjena te je minimalan rast mikroorganizama što za sobom vuče i duže trajanje proizvoda (Sun i Wang, 2001).

Vakuum hlađenje u odnosu na konvencionalne metode hlađenja ima brojne prednosti.

Ovom metodom postiže se hlađenje proizvoda ekstremno velikom brzinom, što se konvencionalnim metodama hlađenja ne može postići.

Efekt hlađenja vakuum hlađenjem postiže se isparavanjem vode direktno iz proizvoda dok se kod konvencionalnih metoda upotrebljava strujanje hladnog zraka ili bilo kojeg drugog rashladnog medija oko proizvoda. Svaki prehrambeni proizvod koji sadrži slobodnu vodu i

proizvod čija struktura neće biti oštećena isparavanjem vode može biti podvrgnut vakuum hlađenju (Wang i Sun, 2001). Proizvod mora imati poroznu strukturu kako bi se olakšala difuzija vodene pare iz uzorka u okolinu.

Nadalje, na proizvode koji su podvrgnuti vakuum hlađenju, usporedivši ih s konvencionalnim metodama hlađenja, brzina hlađenja nije određena veličinom uzoraka što je čini povoljnom metodom za hlađenje uzoraka velikih dimenzija. Konvencionalnim metodama hlađenje se postiže prijenosom topline u dva koraka: unutrašnji prijenos topline iz unutrašnjosti proizvoda do površine kondukcijom, a s površine proizvoda u rashladni medij konvekcijom.

Isparavanjem vode pod uvjetima vakuuma dolazi do vakuuma hlađenja i zato je ova metoda brži način hlađenja te je hlađenje ujednačenije. Rapidna redukcija temperature tijekom vakuuma hlađenja korisna je za zadržavanje nutritivnog sadržaja proizvoda (Evans, Russell i James, 1996).

Vakuum hlađenje je proces visokog stupnja higijene budući da zrak ulazi u vakuum komoru samo kada se na kraju procesa otvara komora kako bi se otpustio vakuum. Moguće je čak, tijekom procesa vakuuma hlađenja, precizno kontrolirati temperaturu proizvoda.

Unatoč brojnim prednostima vakuuma hlađenja, ono ima vrlo veliki nedostatak, a to je gubitak na masi odnosno „kalo“ koji kod mesa nije poželjan budući da uzrokuje lošu teksturu, neprivlačnu boju mesa te lošija senzorska svojstva. Zbog isparavanja vode gubitak mase neizbježna je posljedica vakuuma hlađenja (Wang i Sun, 2003). Značajan je gubitak mase vakuum hlađenjem i to čak preko 10% mase kuhanog mesa, mnogo veći postotak nego konvencionalnim metodama hlađenja (gubitak je oko 5% mase kuhanog mesa) što bi značilo da se za svakih 6°C-6.5°C gubitak mase povećava za 1% u odnosu na masu kuhanog mesa (Sun i Wang, 2003).

Kako bi se povećala atraktivnost vakuuma hlađenja i prevladali nedostaci ove metode, potrebno je istražiti metode kojima bi se smanjili gubici pri preradi.

Ponuđena su tri moguća rješenja. Prva metoda uključuje regulaciju uvjeta rada vakuuma hlađenja (McDonald i Sun, 2001). Drugi mogući način je dodavanje vode koja bi nadomjestila isparenu vodu jer se prethodnim vlaženjem kuhanog mesa sterilnom vodom poboljšava prinos proizvoda (McDonald, 2001). Prijedlogom Thompsona (1996) da se ugrade specijalni raspršivači unutar uređaja za vakuum hlađenje pronađen je prihvatljiv način koji smanjuje kalo.

Kao što je spomenuto, vakuum hlađenje bazira se na isparavanju vode iz proizvoda pod niskim tlakom u vakuum komori. Kada se tlak unutar komore izjednači s tlakom zasićene pare

voda počinje isparavati, budući da točka vrenja vode ovisi o tlaku pare. Latentna toplina potrebna za isparavanje potječe iz samoga proizvoda pa mu je osjetna toplina smanjenja i postignuto je hlađenje (Zheng i Sun, 2004).

Svaki proizvod porozne strukture i onaj koji sadrži slobodnu vodu pogodan je za vakuum hlađenje.

## **2.4. MODIFICIRANA ATMOSFERA**

Potrošači u današnja vremena imaju visoke kriterije u pogledu kvalitete i održivosti mesa. Stoga prehrambenoj industriji ne preostaje drugo nego razviti nove tehnologije pakiranja mesa kako bi zadovoljila zahtjeve potrošača.

Zbog potražnje za kvalitetnim proizvodom, pakiranje mesa u modificiranoj atmosferi sve je značajniji način očuvanja njegove kvalitete.

Pakiranje u modificiranoj atmosferi tehnološki je postupak u kojem se neki prehrambeni proizvod (u ovome slučaju meso) omata nepropusnim, odnosno slabo propusnim (ambalažnim) materijalom (folijom), pri čemu je zrak zamijenjen odgovarajućom smjesom plinova, kako bi se produžila trajnost proizvoda.

Mješavinu plinova najčešće čini mješavina plinova kisika, ugljičnog dioksida i dušika u različitim omjerima.

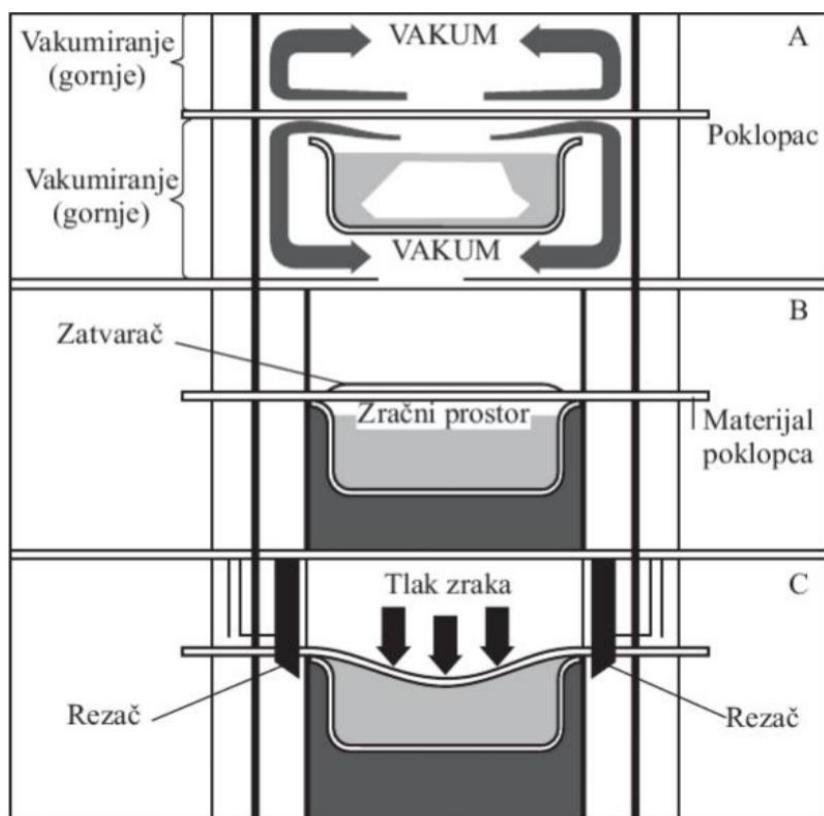
Pakiranjem u modificiranoj atmosferi nastoji se smanjiti količina kisika, s ciljem smanjivanja rasta aerobnih mikroorganizama. Uklonjeni kisik može biti zamijenjen dušikom, inertnim plinom ili ugljičnim dioksidom koji utječe na snižavanje pH i inhibiciju rasta bakterija. Ugljični dioksid inhibira rast većine aerobnih bakterija i plijesni te je najvažniji plin u pakiranju hrane u modificiranoj atmosferi. Može se slobodno reći da što je veća koncentracija ugljičnog dioksida u smjesi to je održivost hrane duža. Međutim, masno tkivo i voda apsorbiraju ugljični dioksid vrlo lako te prekomjerne koncentracije ovoga plina, ipak, uzrokuju nepovoljne promjene u pogledu kvalitete okusa, gubitka vlage i koncentracije pakiranja.

Tehnološki parametri primjene zavise o značajkama proizvoda, na primjer je li riječ o biljnim organima koji dišu ili o proizvodima kod kojih takvog metabolizma nema. Tada je riječ o tzv. nerespirirajućim proizvodima. Naime, danas se sve više pakiranje u modificiranoj atmosferi (MA) primjenjuje za nerespirirajuće prehrambene proizvode kao što su meso i mesni proizvodi, riba, mliječni proizvodi, pekarski proizvodi i polupripremljena hrana.

U načelu, pakiranje u modificiranoj atmosferi ovisi o četiri neovisna faktora: kvaliteti hrane i higijenskom rukovanju s hranom, inertnom plinu ili smjesi plinova, stroju za pakiranje i materijalu za pakiranje.

Pakiranje u modificiranoj atmosferi ima svoje prednosti. Rok trajanja povećava se za 50%-400%, smanjeni su ekonomski gubici budući da je rok trajanja produljen. Kao prednost spominje se i distribucija proizvoda na veće udaljenosti. Pakiranjem u modificiranoj atmosferi očuva se kakvoća proizvoda, sprečava se kvarenje koje uzrokuju mikroorganizmi.

Unatoč prednostima, pakiranje u modificiranoj atmosferi ima i svoje nedostatke kao što su dodatni troškovi (plastični materijal, plinovi), potrebno je kontrolirati temperaturu, dodatna oprema (strojevi za ubrizgavanje plinova i pakiranje) te mogućnost razvoja anaerobnih mikroorganizama.



Slika 1. Princip rada uređaja za pakiranje u modificiranoj atmosferi (Lovrić, 2003)

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

#### **3.1. MATERIJAL**

Istraživanje je provedeno na uzorcima pilećih prsa bez kože kupljenih na istome mjestu od istoga proizvođača (Vindija, Zagreb).

Korištena je modificirana atmosfera sljedećeg sastava: 5% O<sub>2</sub>, 20% CO<sub>2</sub> i 75% N<sub>2</sub>.

Korištene su plastične vrećice za pakiranje uzoraka u modificiranoj atmosferi.

#### **3.2. METODE**

##### **3.2.1. PRIPREMA I TOPLINSKA OBRADA UZORAKA**

Uzorcima je, prije same toplinske obrade, mjerena masa. Masa sirovih uzoraka je u rasponu od 132,60 g do 177,30 g mjerena tehničkom vagom.

Nakon početnog vaganja pilećih prsa, uslijedila je toplinska obrada kuhanjem u vodenoj kupelji. Kuhanje se provodilo sve dok temperatura u središtu prsa nije dosegla 72°C te su se na toj temperaturi uzorci kuhali dvije minute. Temperatura je praćena ubodnim termometrom. Nakon toplinske obrade uzorci su vagani tehničkom vagom kako bi se pratio gubitak mase. Uzorci koji nisu namijenjeni za vakuum hlađenje ostavljeni su sa strane te se jedan dio uzoraka hladio u vodi u kojoj se kuhao uzorak, a dio uzoraka na zraku pri sobnoj temperaturi.

##### **3.2.2. HLAĐENJE UZORAKA**

Dio toplinski obrađenih pilećih prsa hlađen je u uređaju za vakuum hlađenje bez vode, dio se hladio u vodi u kojoj su se uzorci kuhali, a dio se hladio na zraku sobne temperature.

Vakuum hlađena pileća prsa hlađena su na dvije temperature: jedna su pileća prsa ohlađena na 4°C, a druga su ohlađena na 23°C.

Uređaj za vakuum hlađenje se uglavnom sastoji od dvije komponente: vakuum komore i vakuum pumpe (Sun i Wang, 2001).

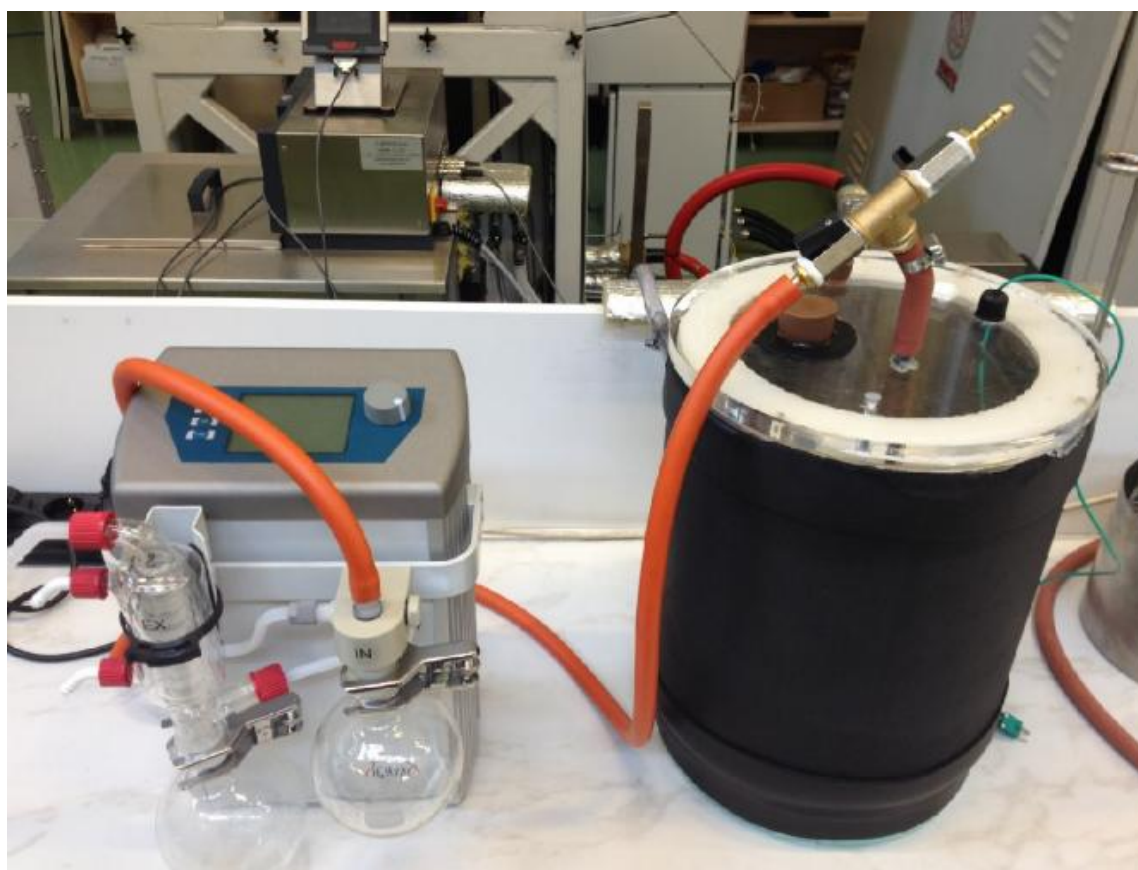
Proces vakuum hlađenja odvija se u dvije faze. Prva faza uključuje odvođenje većine zraka iz

komore do točke zapaljenja te druga faza u kojoj dolazi do kontinuiranog pada do određenog tlaka u vakuum komori.

Vakuumpompa je uobičajeno cilindrične konstrukcije u koju se stavlja hrana koja se želi ohladiti. Vakuumpompa je izrađena od nehrđajućeg čelika, s duplim plaštem i priključcima za termostatski sistem. Poklopac uređaja napravljen je od akrilnog stakla s otvorima za ultrazvučne sonifikatore i vakuumbrtvom te je tijekom procesa hlađenja poklopac komore hermetički zatvoren.

Uređaj koji je korišten za vakuumpumpu prikazan je na slici 2.

Vakuumpumpa u ovome uređaju je Laboratory vacuum system, Tycoe LVS 105 – 10 ef, Ilmvac, GmbH, Germany



Slika 2. Uređaj za vakuumpumpu (vlastita fotografija)

Dio uzoraka koji nije podvrgnut vakuum hlađenju hlađen je u vodi u kojoj se kuhao, a dio uzoraka hlađio se na zraku.

Po završetku toplinske obrade, uzorci koji su predviđeni za hlađenje u vodi u kojoj su se kuhali, izvađeni su s posudom iz vodene kupelji te su ostavljeni na radnoj površini stola da se ohlade.

Uzorci predviđeni za hlađenje na zraku, nakon toplinske obrade, izvađeni su iz posude s vodom te su stavljeni na keramički tanjur kako bi se ohladili na zraku.

### **3.2.3. PAKIRANJE UZORAKA**

Nakon procesa hlađenja, uzorci su pojedinačno pakirani u plastične vrećice u modificiranoj atmosferi. Korištena je modificirana atmosfera sljedećeg sastava: 5% O<sub>2</sub>, 20% CO<sub>2</sub> i 75% N<sub>2</sub>.

### **3.2.4. METODA MIKROBIOLOŠKE ANALIZE UZORAKA**

Svaki je uzorak usitnjen te se dio stavio u tikvicu s fiziološkom otopinom i staklenim kuglicama. Tako pripremljeni uzorak je homogeniziran na tresilici. Zatim se provodilo razrjeđenje do 5 puta. Nakon razrjeđenja uzorak je naciepljen na ploče s hranjivim agarom. Naciepljeni uzorci su inkubirani u termostatu, a očitavanje broja mikroorganizama provelo se na brojaču kolona.

### **3.2.5. USPOREDBA GUBITKA NA MASI KOD DVIJE RAZLIČITE METODE HLAĐENJA**

Gubitak na masi kuhanjem ( $\Delta m_1$ ), gubitak na masi hlađenjem ( $\Delta m_2$ ) i ukupni gubitak na masi ( $\Delta m_u$ ) računati su prema formulama:



$$\Delta m_1 = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

$$\Delta m_2 = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

$$\Delta m_u = \frac{m_0 - m_2}{m_0} \times 100 \quad (3)$$

Gdje su  $m_0$  početna masa sirovog mesa,  $m_1$  masa kuhanog mesa i  $m_2$  masa ohlađenog mesa.

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

### 4.1. Gubici na masi kod različitih metoda hlađenja

Tablica 2. Gubici na masi izračunati na temelju mjerenih podataka za svaku metodu

Metoda	Gubitak mase kuhanjem [%]	Gubitak mase hlađenjem [%]	Ukupni gubitak mase [%]
Vakuum hlađenje bez vode	18,91±6,32	7,56±1,53	25,09±4,59
Hlađenje u vodi na zraku	15,94±1,69	0,72±0,62	16,54±1,54
Hlađenje na zraku bez vode	18,86±1,54	6,98±1,73	24,56±0,01

\*Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost±standardna devijacija

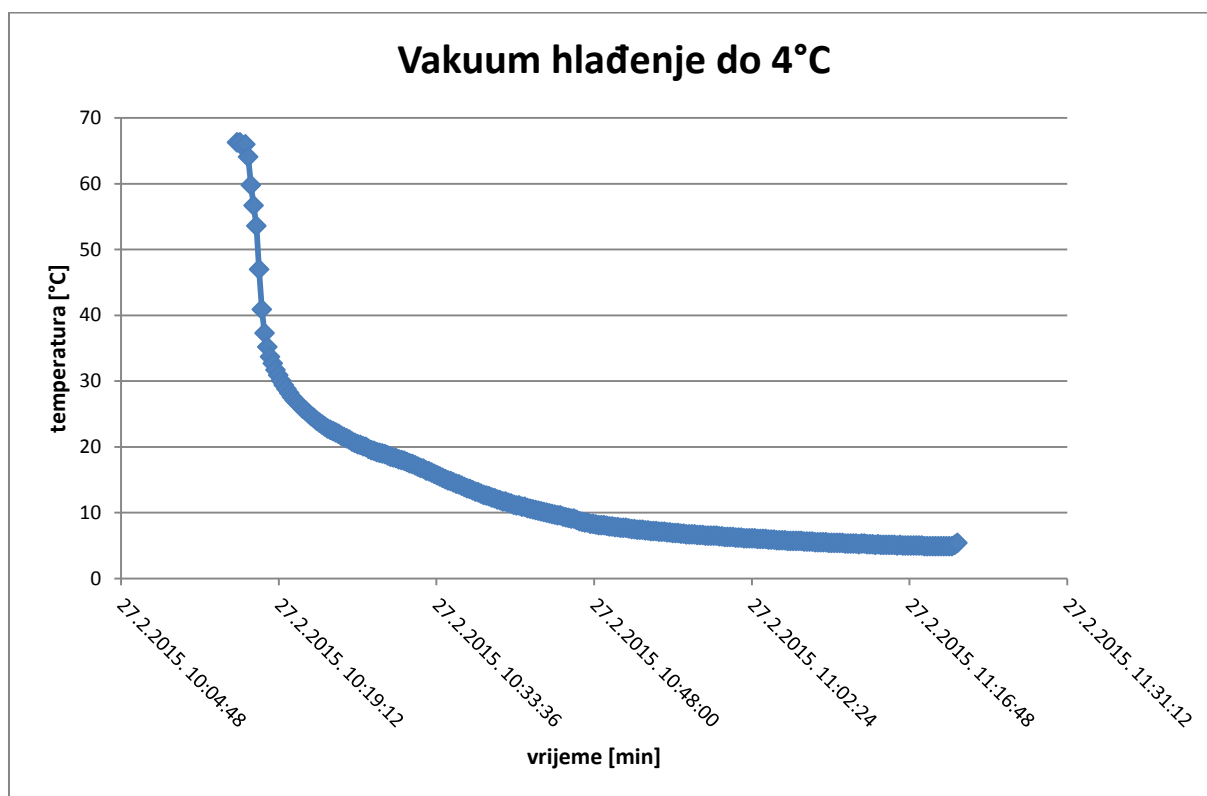
Fizikalni procesi koji se odvijaju tijekom hlađenja su izmjena topline i izmjena mase između mesa i rashladnog sredstva. Svi tipovi hlađenja temelje se na uporabi hladnog medija koji oduzima toplinu mesu peradi. Izmjena mase u procesu hlađenja podrazumijeva apsorpciju ili isparavanje vode.

Vakuum hlađenjem u ovome eksperimentu došlo je do gubitka mase uslijed isparavanje vode što je vidljivo iz rezultata tablice 2. Dakle, rezultati iz tablice 2. ukazuju na to da je gubitak mase hlađenjem u vakuumu bez vode značajan, čak 7,56%. Nasuprot tome, gubitak mase hlađenjem u vodi na zraku je 0,72%, dok je hlađenjem na zraku bez vode 6,98%. Rezultati su očekivano bolji za hlađenje u vodi nego bez vode, zato jer prisutna voda nadomješta gubitak

koji nastaje zbog isparavanja. Iz rezultata je vidljivo da se negativna strana vakuum hlađenja, tj. gubitak na masi, može prevladati ako se primjeni metoda hlađenja u vodi.

Nedostatak uređaja za vakuum hlađenja jest gubitak mase, a taj se nedostatak može riješiti tako da se hlađenje provede u vodi u kojoj se uzorak kuhao jer će prisutna voda nadoknaditi vodu izgublenu isparivanjem.

#### 4.2. VRIJEME POTREBNO DA SE U SREDIŠTU UZORKA VAKUUM HLAĐENJEM POSTIGNU 4°C



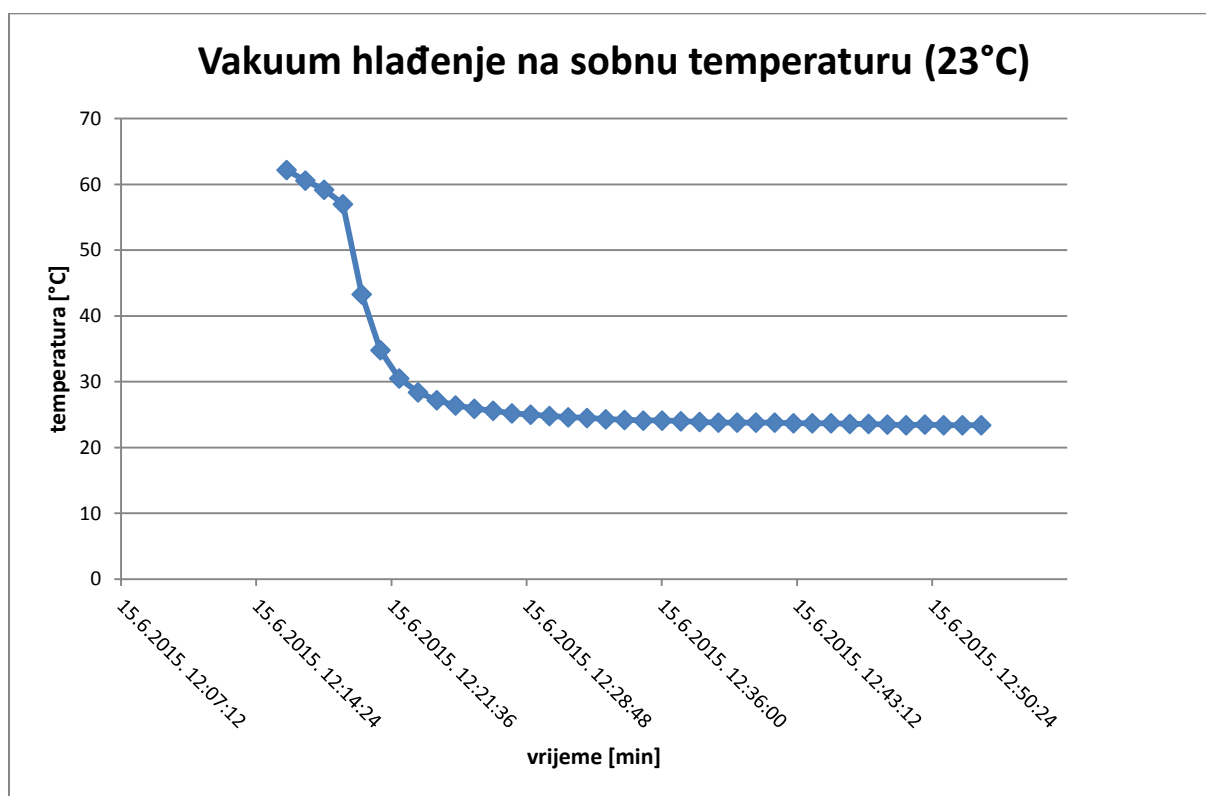
Slika 3. Ovisnost temperature o vremenu vakuum hlađenja da bi se postigla temperatura 4°C u središtu uzorka

Sa slike 3. vidljivo je da je vrijeme potrebno da se u središtu kuhanog uzorka postigne temperatura od 4°C 75 minuta.

Vrijeme potrebno da se u središtu kuhanog uzorka postigne temperatura od 23°C jesu 43 minute, što je prikazano na slici 4.

Tlak koji je postignut u komori za vakuum hlađenje kod hlađenja pilećih prsa na 4°C je 9 mbar, a kod pilećih prsa hlađenih na 23°C je postignut tlak od 29 mbar.

#### 4.3. VRIJEME POTREBNO DA SE U SREDIŠTU UZORKA VAKUUM HLAĐENJEM POSTIGNE 23°C



Slika 4. Ovisnost temperature o vremenu vakuum hlađenja da bi se postigla temperatura 23°C u središtu uzorka

#### 4.4. MIKROBIOLOŠKA KVALITETA

Tablica 3. Rezultati ukupnog broja aerobnih mezofilnih bakterija na uzorcima pilećih prsa kuhanih u vodi na 80°C i čuvanih na sobnoj temperaturi 48 sati

		CFU/g		
uzorak	vrijeme [h]	0*	24	48
Svježa pileća prsa		$4,5 \times 10^5$	/	/
Pileća prsa ohlađena na zraku		$1,8 \times 10^4$	$2,7 \times 10^5$	$1,8 \times 10^6$
Pileća prsa vakuum hlađena		$9 \times 10^3$	$1,8 \times 10^5$	$4,3 \times 10^5$

\*- ukupan broj mikroorganizama nakon kuhanja/hlađenja

U odnosu na svježa pileća prsa koja sadrže  $4,5 \times 10^5$  CFU/g mikroorganizama, pileća prsa koja su ohlađena na zraku i ona koja su vakuum hlađena razlikuju se u količini mikroorganizama tijekom vremenskog perioda od 48 sati. Najviše mikroorganizama sadrži uzorak svježih pilećih prsa, tj. onaj koji nije toplinski obrađen.

Ukupan broj mikroorganizama u psima ohlađenim na zraku jest  $1,8 \times 10^4$  CFU/g te je kroz 48 sati narastao na  $1,8 \times 10^6$  CFU/g što je veći broj mikroorganizama nego kod pilećih prsa koja su vakuum hlađena te je ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija na pilećim psima vakuum hlađenima  $4,3 \times 10^5$  CFU/g.

Uzorci pilećih prsa ohlađenih u vodi korišteni su samo kao kontrola fizikalnih parametara vakuum hlađenja i hlađenja na zraku.

Tablica 4. Rezultati ukupnog broja aerobnih mezofilnih bakterija na uzorcima pilećih prsa kuhanih u vodi na 80°C i čuvanih u modificiranoj atmosferi na 4°C tijekom 7 dana

vrijeme [h] uzorak	CFU/g					
	0*	3. dan	4. dan	5. dan	6. dan	7. dan
Svježa pileća prsa	8,4x10 <sup>4</sup>					
Vakuum ohlađeni uzorci pakirani u modificiranoj atmosferi	1,8x10 <sup>2</sup>	1,8x10 <sup>2</sup>	2,7x10 <sup>2</sup>	2,7x10 <sup>2</sup>	2,6x10 <sup>2</sup>	2,7x10 <sup>2</sup>

0\*- ukupan broj mikroorganizama odmah nakon kuhanja/hlađenja

U uzorcima pilećih prsa pakiranih u modificiranoj atmosferi (5 % O<sub>2</sub>, 20% CO<sub>2</sub>, 75% N<sub>2</sub>) ukupni broj aerobnih mezofilnih bakterija porastao je s 1,8x10<sup>2</sup> CFU/g nultoga dana na 2,7x10<sup>2</sup> CFU/g sedmoga dana. Ukupni broj aerobnih mezofilnih bakterija porastao je četvrtoga dana na 2,7x10<sup>2</sup> CFU/g te se takav broj, uz malo smanjenje mikroorganizama šestoga dana, zadržao do kraja mjerenja.

Prema odredbama vodiča za mikrobiološke kriterije za hranu (Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja, 2011) u porcioniranom mesu i mesu u malim komadima dozvoljeno je od 10<sup>5</sup> do 10<sup>6</sup> CFU/g aerobnih mezofilnih bakterija.

Prema tome, broj aerobnih mezofilnih bakterija u uzorcima pakiranim u modificiranoj atmosferi sedmoga dana pohrane nije premašio dozvoljeni broj te je meso zadnjega dana mjerenja bakteriološki ispravno.

## 5. ZAKLJUČCI

Na temelju provedenog eksperimenta te dobivenih rezultata, može se zaključiti:

1. Od ispitivanih metoda hlađenja, vakuum hlađenje je omogućilo najbrže hlađenje uzoraka uz značajne gubitke, tj. kalo hlađenja. Najmanji kalo hlađenja postignut je hlađenjem uzoraka u vodi uz značajno produljenje vremena hlađenja.
2. Ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija na uzorcima koji su se pratili tijekom 48 sati porastao je, no zadržao se ispod propisanih graničnih vrijednosti te je kao takvo, meso i dalje bakteriološki ispravno. Ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija kod uzoraka ohlađenih u vakuumu je manji nego kod uzoraka ohlađenih na zraku.
3. Mikrobiološku ispravnost kuhanog pilećeg mesa, uz vrlo mali porast ukupnog broja bakterija, tijekom sedam dana čuvanja na temperaturi 4°C, osigurala je kombinacija postupaka vakuum hlađenja i pakiranja u modificiranoj atmosferi

## 6. POPIS LITERATURE

Anonymous (2009) Utjecaj vrste i spola peradi te tehnološkog procesa hlađenja na kvalitetu mesa, < [www.meso.hr](http://www.meso.hr)>. Pristupljeno 23. lipnja 2015.

Anonymous (2010) Pakiranje mesa u modificiranoj atmosferi, <[www.meso.hr](http://www.meso.hr)>. Pristupljeno 22. lipnja 2015.

Duraković S., Delaš F., Stilinović B., Duraković L. (2002) Moderna mikrobiologija namirnica, Kugler d.o.o., Zagreb, str. 119-126.

Lovrić T. (2003) Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva, Hinus, Zagreb, str. 99-100.

McDonald K., Sun D.W. (2000) Vacuum cooling technology for the food processing industry: a review, Journal of Food Engineering 45, 55-65.

Schmidt F.C., Aragao G.M.F., Laurindo J.B. (2010) Integrated cooking and vacuum cooling of chicken breast cuts in a single vessel, Journal of Food Engineering 100, 219-224.

Schmidt F.C., Laurindo J.B. (2014) Alternative processing strategies to reduce the weight loss of cooked chicken breast fillets subjected to vacuum cooling, Journal of Food Engineering 128, 10-16.

Sun D.W., Wang L. (2004) Experimental investigation of performance of vacuum cooling for commercial large cooked meat joints, Journal of Food Engineering 61, 527-532.

Sun D.W., Zheng L. (2006) Vacuum cooling technology for the agri-food industry: Past, present and future, Journal of Food Engineering 77, 203-214.

Vodič za mikrobiološke kriterije za hranu (2011), Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja, Zagreb.

Wang L., Sun D.W. (2001) Rapid cooling of porous and moisture foods by using vacuum cooling technology, Trends in Food & Technology 12, 174-184.

Zheng L., Sun D.W. (2004) Vacuum cooling for the food industry – a review of recent research advances, Trends in Food Science & Technology 15, 555-568.